

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТЖИГА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И МАГНИТНОЕ СОСТОЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ $(\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x)_7\text{Se}_8$ *

Халькогениды переходных металлов (ХПМ) обладают широким спектром уникальных свойств и большим потенциалом для практического применения. В частности, возможно использование в устройствах магнитной записи и хранения информации, в материалах для солнечных батарей, спинтроники и как недорогие металлические электрокатализаторы. ХПМ состава M_7X_8 ($M = \text{Fe}, \text{Co}$; $X = \text{S}, \text{Se}$) кристаллизуются в слоистой гексагональной структуре типа NiAs [1]. Известно, что физические свойства ХПМ можно варьировать как замещением по катионной и/или анионной подрешеткам, так и температурами отжига. Целью работы являлось исследование термической стабильности структурно-фазового состояния системы $(\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x)_7\text{Se}_8$ и влияния отжигов на магнитные свойства соединений.

Поликристаллические образцы $(\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x)_7\text{Se}_8$ были получены методом твердофазного ампульного синтеза с отжигом при $T = 900$ °C и закалкой на воздухе. Рентгенографическая аттестация осуществлялась на дифрактометре Bruker D8 ADVANCE с использованием термокамеры НТК-1200 Anton Paar в температурном диапазоне 25–550 °C. Измерения линейного теплового расширения образцов проводились на dilatометре DL-1500 RHP компании ULVAC-SINKU RIKO. Полевые и температурные зависимости намагниченности образцов измерялись на СКВИД-магнитометре MPMS (QuantumDesign) в температурном интервале от 2 до 350 К.

По данным рентгеновской дифракции все исследуемые соединения являются однофазными и кристаллизуются в гексагональной сингонии. Анализ

* © Акрамов Д.Ф., Селезнева Н.В., Баранов Н.В., 2021

терморентгенографических данных *in situ* показал, что при температуре $T \approx 350$ °C соединения $(\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x)_7\text{Se}_8$ распадаются на три фазы: фазу, имеющей структуру типа CdI_2 (пр. группа $P-3m1$), фазу со структурой NiAs и третью, имеющую тетрагональную структуру типа PbO (пр. группа $P4/nmm$) на основе $\beta\text{-FeSe}$ с частичным замещением атомов железа кобальтом. Состав тетрагональной фазы $\text{Fe}_{1+z}\text{Co}_z\text{Se}$ остается постоянным, но при изменении концентрации кобальта в образцах изменяется ее объемная доля (до 30 %).

Стоит отметить, что повторный отжиг при $T = 900$ °C с последующей закалкой на воздухе, возвращает соединения в исходный фазовый состав, т. е. процесс фазового расслоения является полностью обратимым для всей системы.

Образование неоднородного трехфазного состояния в результате фазового расслоения не влияет на температуру магнитного упорядочения, наблюдается лишь значительное уменьшение намагниченности из-за перехода части объема образца в слабомагнитное (парамагнитное) состояние. Отжиг при $T = 900$ °C приводит к восстановлению исходного значения намагниченности.

Возможность управляемого обратимого выделения/исчезновения парамагнитной фазы в магнитной матрице позволяет рассматривать данные материалы с точки зрения практического применения.

Список литературы

1. Synthesis and properties of the $\text{Co}_7\text{Se}_{8-x}\text{S}_x$ and $\text{Ni}_7\text{Se}_{8-x}\text{S}_x$ solid solutions / V. L. Miller, W. L. Lee, G. Lawes et al. // J. Solid State Chemistry. – 2005. – V. 178. – P. 1508–1512. DOI: 10.1016/j.jssc.2004.11.013.

Работа подготовлена при финансовой поддержке ППК 3.1.1.1.2-20.